

MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ATMOSFERA POR AMOSTRAGEM PASSIVA COMO PARTE DA GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Karina Stella da Silva Ferreira dos Santos (*), Aurora Mariana Garcia de Franca Souza

* Centro Universitário Hermínio Ometto, karina_stella@hotmail.com

RESUMO

O monitoramento da concentração de poluentes atmosféricos torna-se cada vez mais necessária por serem esses prejudiciais à saúde humana, ao meio ambiente e aos animais. Para esse fim, os amostradores passivos, possuem grandes vantagens pela fácil construção, transporte e manuseio, além de serem pequenos e não exigirem equipamentos elétricos ou baterias, bombas, calibradores ou mão de obra especializada, assim, vêm ganhando destaque. O objetivo do presente trabalho foi confeccionar um amostrador passivo e determinar as concentrações de NO_2 em um ponto do campus da FHO – UNIARARAS onde tem-se grande fluxo de veículos. A universidade está localizada na cidade de Araras/SP. Os amostradores foram confeccionados com material plástico passível de reciclagem ou reuso e para o cálculo da concentração de NO_2 utilizou-se a equação de Fick. As amostragens ocorreram na entrada do campus, nos meses de fevereiro e março de 2018, em períodos de 3 e 5 dias, sendo estes, períodos letivos e não-letivos. A média das concentrações de NO_2 obtidas foram de $14,2 \mu\text{gm}^{-3}$ (período não letivo) e $19,42 \mu\text{gm}^{-3}$ (período letivo), tais valores permitiram afirmar que o ar atmosférico do local amostrado atende ao previsto pela legislação ambiental vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes atmosféricos, Lei de Fick, emissões veiculares.

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um problema ambiental que se iniciou na descoberta do fogo. Nessa época, as cavernas eram iluminadas por fogueiras e tal atividade contribuía para a produção de fumaça que é uma mistura de material particulado e gases.

Ao longo dos anos, a emissão de poluentes atmosféricos foi se intensificando, principalmente, devido ao tráfego de veículos e ao crescente processo de industrialização. Nas grandes cidades, os automóveis se destacam como a principal fonte de emissão desses poluentes, enquanto que, as indústrias afetam regiões mais específicas (CETESB, 2016).

A Resolução CONAMA nº 03 (BRASIL, 1990), define que poluentes atmosféricos são matérias ou energia que estão presentes no ar em altos níveis de concentração, num certo período de tempo, e que podem torná-lo prejudiciais aos seres vivos à biota ou afetar as atividades normais do homem. A resolução elenca alguns poluentes considerados críticos e entre esses encontra-se o dióxido de nitrogênio (NO_2).

Na atmosfera são encontradas várias combinações de óxidos de nitrogênio, são eles: N_2O , NO , NO_2 , NO_3 , N_2O_3 , N_2O_4 e N_2O_5 (ROCHA, 2004), sendo que as duas principais espécies são NO_2 e NO , representados genericamente pelo termo NO_x . A conversão de NO em NO_2 se dá nas zonas em que existe excesso de ar na câmara de combustão. Esse fato leva a uma maior estabilidade do NO_2 a baixas temperaturas, quando comparado com o NO . Assim sendo, o NO , após ser lançado na atmosfera, rapidamente se transforma em NO_2 . Por esse fato, as taxas de emissão mássica de NO_x são sempre calculadas, considerando os dois componentes (NO e NO_2), como exclusivamente NO_2 (CARVALHO JÚNIOR, LAVACA, 2003).

A presença de NO_2 em altas concentrações na atmosfera é devido particularmente às atividades antropogênicas como ao tráfego de veículos automotores, processos de queima de combustíveis em fornos e caldeiras industriais e indústrias de fertilizantes (SILVA, 2013). Outras fontes não antropogênicas do gás são a ação de microrganismos sobre os fertilizantes de nitrogênio, a queima de biomassa, descargas elétricas atmosféricas e em menor parcela a oxidação de NH_3 atmosférico (MANAHAN, STANLEY E. 2013).

A exposição em longo período de tempo a este gás é prejudicial à saúde humana, aos animais e plantas. O NO_2 também contribui com a formação da chuva ácida ao reagir com radicais livres presentes na atmosfera e é um dos precursores do *smog* fotoquímico (CARVALHO JÚNIOR, 2003). Quimicamente, o NO_2 é uma espécie muito reativa que ao absorver raios ultravioletas, sofre fotodissociação (MANAHAN, STANLEY E., 2013), atuando como um fotocatalisador do ozônio (O_3) troposférico. Esse último é o responsável pelo *smog* fotoquímico, o que pode levar a episódios críticos de

poluição atmosférica (GARCIA et al., 2013). As condições que favorecem o *smog* fotoquímico estão relacionadas às altas temperaturas e à presença de luminosidade solar, além da existência de baixa dispersão dos poluentes através do vento (BAIRD, 2002).

Os poluentes atmosféricos podem ser monitorados através de amostradores passivos e ativos. De acordo com Bucco (2010), os amostradores ativos funcionam a partir de baterias, energia elétrica, bombas, calibradores, o que exige conhecimentos mais específicos para a sua aplicação. Os amostradores passivos, por sua vez, têm a vantagem de serem pequenos, de fácil transporte e manuseio, além de não exigirem equipamentos elétricos ou baterias, bombas e calibradores para sua utilização. Na amostragem passiva, a coleta do gás de interesse é governada por processos físicos como a difusão e permeação molecular. Segundo Melchert & Cardoso (2006), a difusão de um gás A, dentro de um cilindro contendo um gás estagnado B, é governada pela primeira Lei de Fick. Essa lei permite encontrar a concentração média de NO₂ amostrado num determinado tempo.

Segundo Silva e Pimentel (2017), é complexo o problema da degradação da qualidade do ar e, certamente, necessita de uma abordagem multidisciplinar, estando ainda distante de sua resolução. No entanto, para enfrentar o problema, destaca-se a necessidade de um conjunto de abordagens complementares como o monitoramento e modelagem computacional da atmosfera e da qualidade do ar. O monitoramento da qualidade do ar irá contribuir para uma melhor definição da localização dos pontos para esse monitoramento, além de também contribuir para o diagnóstico/prognóstico dos fenômenos relacionados à poluição do ar e estender a fronteira do conhecimento que auxiliem na modelagem da qualidade do ar.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração do gás NO₂ presente na atmosfera, no ponto de maior circulação de veículos do campus da FHO – UNIARARAS, nos períodos letivo e não letivo, para fornecer propostas a programas de gestão ambiental para a instituição de ensino.

METODOLOGIA

Os amostradores passivos usados na pesquisa foram confeccionados seguindo procedimento proposto por Souza et al. (2017). Esses amostradores foram fixados no interior de um suporte de vasos ornamentais e posicionados no único ponto de entrada e de saída de veículos do campus da FHO-UNIARARAS. O suporte com os amostradores foi fixado a cerca de 1,5m do solo. Os procedimentos para coleta e determinação do NO₂ atmosférico seguiram o proposto pelos mesmos autores, sendo as amostragens feitas em triplicata. A retirada dos amostradores para análise da concentração do gás deu-se após 3 dias e 5 dias de exposição, no período letivo e não letivo. Adotou-se que a difusão de um gás A, dentro de um cilindro contendo um gás estagnado B, é governada pela primeira Lei de Fick, que permite encontrar a concentração média de NO₂ amostrado no tempo t, (MELCHERT & CARDOSO, 2006). A Equação 1 possibilita o cálculo da concentração do gás na atmosfera.

$$n_x = -D_x (C_{0,x} - C_x) \pi r^2 t / z \quad \text{equação (1)}$$

Para essa equação, o n_x é a quantidade de NO₂ (mol) recolhida durante o tempo t de amostragem (segundos), πr^2 é a área transversal do tubo do amostrador (cm²), D_x é o coeficiente de difusão molecular do NO₂ (cm² s⁻¹), z é o comprimento do caminho de difusão do gás (cm), espaço compreendido entre a membrana porosa colocada no amostrador e a superfície absorvente, $C_{0,x}$ é a concentração de gás NO₂ na interface da superfície absorvente (mol cm⁻³) e C_x é a concentração de gás no ambiente (mol cm⁻³).

RESULTADOS

Os amostradores passivos previamente confeccionados foram posicionados no campus da FHO-UNIARARAS que está localizado na cidade de Araras-SP e fica a 174 km da capital do estado, latitude 22°21'25" sul e a longitude 47°23'03" oeste. A Figura 1 insere as fotos desses amostradores, bem como, da sua fixação ao suporte e posicionamento. Para os cálculos das concentrações de NO₂ atmosférico foi confeccionada uma curva analítica que correlacionou concentrações conhecidas de soluções de nitrito com medidas de absorbância em 540nm. Os pontos da curva foram obtidos a partir de leituras em triplicata. A curva analítica e sua equação são apresentadas na Figura 2.

Para cada amostragem foram obtidas três medidas de absorbância e mais um valor de absorbância referente ao branco de campo. Do valor médio das três absorbâncias, referentes às amostragens NO_2 , foi descontada a absorbância do branco de campo e com o valor final obtido foi calculada a concentração de NO_2 para aquele período de amostragem. Para o cálculo da concentração de NO_2 foi utilizada a Equação 1, que fornece a concentração média do gás referente ao tempo de amostragem e à quantidade de gás coletada no período (n_x). Considerou $C_{0,x}$ igual a zero, pois segundo Souza et al. (2017), em uma superfície absorvente ideal todo o NO_2 é coletado e a sua concentração na interface da superfície absorvente é nula. O valor do coeficiente de difusão molecular foi obtido por Massman (1998) como igual a $0,1361 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$.



Figura 1: Amostrador passivo confeccionado para a pesquisa (a), distribuição dos amostradores no suporte de fixação (b) e posicionamento do conjunto no local de amostragem (c). Fonte: Autora do Trabalho.

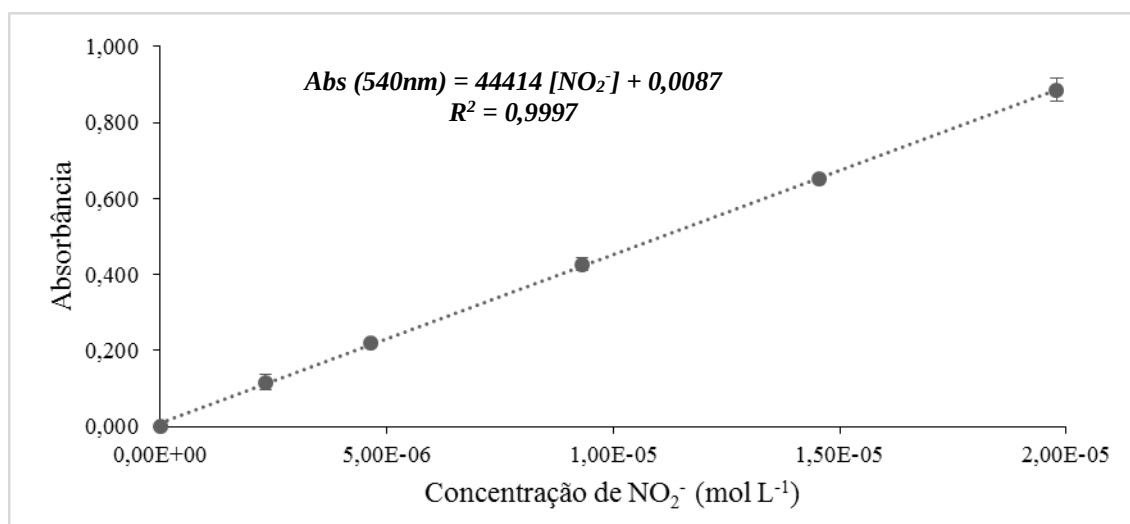


Figura 2: Curva analítica para determinação de NO_2 e a equação que a expressa, onde $[\text{NO}_2]$ é a concentração do nitrito em mol L^{-1} e Abs o valor de absorbância da solução. Fonte: Autora do Trabalho.

Também usou-se a relação de 0,72 mol de nitrito para 1 mol de NO_2 para se obter a concentração deste gás no ambiente (C_x). Os resultados finais foram transformados para a unidade de μg de $\text{NO}_2 \text{ m}^{-3}$. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de NO_2 atmosférico, no terceiro e quinto dias de exposição, em dois períodos de amostragem. Fonte: Autora do trabalho.

CONCENTRAÇÃO DE NO_2 ($\mu\text{g m}^{-3}$)			
PERÍODO NÃO LETIVO		PERÍODO LETIVO	
Período de 05/02 a 08/02 de 2018	Período de 05/02 a 10/02 de 2018	Período de 26/02 a 01/03 de 2018	Período de 26/02 a 03/03 de 2018
14,3	14,09	20,01	18,82

As amostragens de fevereiro de 2018 foram realizadas antes do início das aulas (período não letivo) e, portanto, com baixo fluxo de veículos, enquanto, as amostragens referentes ao final de fevereiro e começo de março foram realizadas após o início das aulas (período letivo), com intenso fluxo de veículos entrando e saindo do campus.

Considerando que a Resolução CONAMA 03 (Brasil, 1990) impõe o valor de $100 \mu\text{g}$ de $\text{NO}_2 \text{ m}^{-3}$ de ar como média aritmética anual máxima, é possível se afirmar que a concentração do gás, nas condições adotadas para o experimento, atende a exigência legal. No entanto, os resultados apresentados permitem afirmar também que houve um aumento de 37% na concentração do gás, entre os períodos não letivo (média de $14,2 \mu\text{g m}^{-3}$) e letivo (média de $21,5 \mu\text{g m}^{-3}$). A associação de concentrações mais significativas de NO_2 na atmosfera com o fluxo de veículos já foi reportada por outros autores. Vieira (2012), ao monitorar NO_2 na atmosfera do campus da Universidade de Passo Fundo, encontrou que a segunda maior concentração do gás, ficando abaixo somente daquela avaliada próximo ao gerador de energia, foi obtida no local de maior circulação de veículos. Macedo et al. (2015), ao analisarem a concentração de NO_2 em áreas urbanas e semi urbanas de trechos da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, também atribuíram ao fluxo de veículos o fato da concentração desse gás ser menor na última área, que tem menor tráfego de automóveis. A CETESB (2017), em seu relatório da qualidade do ar para o estado de São Paulo, afirma que os automóveis são as principais fontes de poluição atmosférica e que esse problema vem se intensificando, principalmente, em grandes cidades. Por sua vez, Silva (2013) aponta os veículos como destaque no que se refere às fontes poluição atmosférica, pois estes são difíceis de controlar quando comparados às fontes de poluição industrial, devido ao seu grande número. A autora continua salientando que, além disso, os veículos emitem poluentes a uma altura que facilita a sua inalação direta pelos seres humanos.

Para o caso em estudo, cabe ressaltar que o local escolhido para amostragem do NO_2 atmosférico é próximo à guarita onde ficam os guardas, além de ser o principal ponto de entrada e saída de alunos, funcionários e visitantes que acessam o campus. Dessa forma, esses sujeitos ficam expostos, por considerável período de tempo, às concentrações de NO_2 oriundas das emissões veiculares.

CONCLUSÃO

A pesquisa atendeu seu objetivo, visto que, o uso de um amostrador passivo construído pela própria autora, permitiu o monitoramento de NO_2 no local de maior movimentação de veículos do campus da FHO-UNIARARAS. Os resultados encontrados mostram que as concentrações de NO_2 , no local e condições de monitoramento, embora estejam abaixo da concentração do gás na atmosfera que é permitida pela legislação ambiental vigente, é 37% maior no período letivo, no qual a movimentação de veículos é mais intensa, quando comparada com o período não letivo.

Os resultados encontrados se prestam para subsidiar ações de gestão ambiental no campus, iniciando com a proposta de construção de pelo menos mais um local de entrada e saída de veículos. Isso permitirá que a concentração pontual de NO_2 não tenha um aumento tão significativo no período de maior fluxo de veículos que coincide também com a de alunos ao local.

Novas propostas poderão ser formuladas após a realização de outras avaliações da qualidade do ar no campus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 03, 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 de agosto de 1990, p.15937-15939.
2. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Relatório de Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2016**, São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso: 13 de junho de 2018.
3. Macedo, T. H., Osorio, D. M. M., Alves, D. D., Pedro, M. L., Backes, E. **Níveis de concentração de dióxido de nitrogênio ao longo do trecho médio da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Anais VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/RS: IBEAS, 2015. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IV-009.pdf>. Acesso: 13 de junho de 2018.
4. Massman, W. J. **A review of the molecular diffusivity of H_2O , CO_2 , CH_4 , CO , O_3 , SO_2 , NH_3 , N_2O , NO and NO_2 in air, O_2 and N_2 near STP**. *Atmospheric Environment*, v.32, n.6, p. 1111-1127. 1998.
5. Melchert, W. R., Cardoso, A. A. **Construção de amostrador passivo de baixo custo para determinação de dióxido de nitrogênio**. *Quim. Nova*, v. 29, n.2, p. 365-367. 2006.
6. Silva, A. P. F. **Medidas de dióxido de nitrogênio (NO_2) na atmosfera de regiões das cidades de Curitiba e de**



- araucária utilizando amostragem ativa.** 55p. 2013. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1001/1/CT_COQUI_2012_2_04.pdf. Acesso: 13 de junho de 2018.
7. Souza, P. A. F., Francisco, K. C. A., Cardoso, A. A. **Desenvolvimento de Amostrador Passivo Sensível para Monitoramento de Poluição Atmosférica por Dióxido de Nitrogênio.** Quím. Nova, v. 40, n. 10, p. 1233-1237. 2017.
8. Vieira, L. A. **Uso de amostradores passivos para o monitoramento do ar.** 61p. 2012. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2012-2/LET%20CDCIA%20CANAL%20VIEIRA.pdf>. Acesso: 13 de junho de 2018.
9. Baird, C. **Química Ambiental.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
10. Garcia, G., Cardoso, A. A., Santos, O. A. M. **Da Escassez ao Estresse do Planeta: um Século de Mudanças no Ciclo do Nitrogênio.** Quím. Nova, v. 36, n. 9, p. 1468-1476. 2013.
11. Carvalho Júnior, J. A. de, Lacava, P. T. **Emissões em processos de combustão.** São Paulo: UNESP, 2003. Disponível em <http://livros01.livrosgratis.com.br/up000012.pdf>. Acesso: 13 de junho de 2018.
12. Silva, M. S., Pimentel, L. C. G. **Desafios e estratégias de controle da qualidade do ar em regiões metropolitanas.** Diversidade e Gestão. Vol. Especial, nº 1(1), p. 107-126. 2017.